



REVISTA BRASILEIRA DE ORTOPEDIA

www.rbo.org.br

Artigo de revisão

Avanços no tratamento das fraturas expostas[☆]

Pedro Nogueira Giglio*, Alexandre Fogaça Cristante, José Ricardo Pécora,
Camilo Partezani Helito, Ana Lucia Lei Munhoz Lima e Jorge dos Santos Silva

Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 11 de abril de 2014

Aceito em 1 de maio de 2014

On-line em 18 de setembro de 2014

Palavras-chave:

Fraturas expostas/diagnóstico

Fraturas expostas/classificação

Ferimentos e lesões

RESUMO

O manejo das fraturas expostas é discutido desde a antiguidade e permanece de grande interesse da ortopedia e da traumatologia modernas. São lesões ainda desafiadoras. Infecção e não união são complicações temidas. Aspectos no diagnóstico, classificação e manejo inicial são discutidos. São essenciais a administração precoce de antibióticos, a limpeza cirúrgica e o debridamento meticuloso. Devem ser levadas em consideração as condições sistêmicas do paciente politraumatizado e as condições locais do membro acometido. A estabilização esquelética precoce é necessária. A fixação definitiva deve ser considerada quando possível e métodos de fixação provisória devem ser usados quando necessário. O fechamento precoce deve ser almejado e pode-se fazer uso de retalhos para esse fim.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Advances in treating exposed fractures

ABSTRACT

The management of exposed fractures has been discussed since ancient times and remains of great interest to present-day orthopedics and traumatology. These injuries are still a challenge. Infection and nonunion are feared complications. Aspects of the diagnosis, classification and initial management are discussed here. Early administration of antibiotics, surgical cleaning and meticulous debridement are essential. The systemic conditions of patients with multiple trauma and the local conditions of the limb affected need to be taken into consideration. Early skeletal stabilization is necessary. Definitive fixation should be considered when possible and provisional fixation methods should be used when necessary. Early closure should be the aim, and flaps can be used for this purpose.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Keywords:

Exposed fractures/diagnosis

Exposed fractures/classification

Wounds and injuries

[☆] Trabalho desenvolvido no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mails: pedrongiglio@gmail.com, gigliopedro@gmail.com (P.N. Giglio).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2014.05.011>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

Segundo o historiador Castiglione,¹ a ortopedia originou-se «da necessidade de socorro imediato, embora com instrumentos grosseiros e empíricos».

Embora o termo ortopedia só tenha sido criado por Andry (1741), *apud* Maia,² procedimentos ortopédicos podem ser encontrados em registros arqueológicos antigos de nossas civilizações e é provável que muitos deles tivessem, além do objetivo terapêutico, uma espécie de cunho mágico, como as trepanações feitas para a libertação dos demônios que causavam as doenças e os males da época.¹

É considerado consenso entre os historiadores que os períodos de guerra foram fundamentais para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da ortopedia.³

Definição

Fraturas expostas são as que apresentam comunicação com o meio externo por meio de uma lesão de partes moles.⁴ São consideradas emergências ortopédicas⁵ e têm como objetivo de seu tratamento a consolidação sem ocorrência de infecção.

Grande parte das fraturas expostas apresenta exposição evidente em sua apresentação inicial. Em parte dos casos, porém, pode não ser claro se existe contiguidade entre o foco da fratura e o meio externo, de forma que se recomenda presumir que a fratura é exposta sempre que houver lesões de partes moles adjacentes ao foco de fratura.⁶

Histórico

As primeiras discussões a respeito do tratamento de fraturas expostas datam de Hipócrates, que defendia o tratamento com curativo oclusivo após melhora do edema e debridamento do material purulento advindo das exposições.⁷ Galeno, *apud* Wangenstein,⁸ acreditava que a purulência estaria envolvida com o processo de cura e, desse modo, deveria ser estimulada. No século XVI, Brunschwig e Botello, *apud* Trueta,⁹ foram os primeiros a observar os benefícios da remoção dos tecidos desvitalizados.

Médico do Exército francês, Paré (1517-90), *apud* Castiglione,¹ rejeitou a prática de tratar feridas e fraturas expostas com óleo fervente, de acordo com alguns preceitos deixados por Hipócrates, após observar evolução mais satisfatória nos casos em que simplesmente lavava e ocluiu a ferida. Paré, *apud* Trueta,⁹ também observou a necessidade de ampliação dos ferimentos nos membros fraturados, de modo a permitir a livre drenagem do material proveniente deles.

No século XVIII, Desault também preconizava, assim como Botello e Brunschwig *apud* Trueta,⁹ a limpeza e a remoção dos tecidos necróticos dos ferimentos. Tal procedimento ficou conhecido como debridamento. Desault, *apud* Trueta,⁹ observou também que o intervalo de tempo para o debridamento era de fundamental importância para o prognóstico da lesão.

A Segunda Guerra Mundial em muito contribuiu para o avanço do tratamento das fraturas expostas. Data desse período o uso de antibióticos de forma abrangente.¹⁰

Durante as guerras da Coreia e do Vietnã desenvolveram-se métodos de imobilização provisória, curativos estéreis, antibióticos de amplo espectro, técnicas de debridamento, irrigação com solução salina e a abordagem sequencial das lesões que servem de alicerce para os métodos hoje empregados.¹⁰

Na época atual, cabe ressaltar o papel do Colégio Americano de Cirurgiões, que estabeleceu os princípios da sequência de atendimento denominado ATLS (Advanced Trauma Life Support), que rege o atendimento pré-hospitalar e hospitalar dos pacientes politraumatizados, muitas vezes vítimas de fraturas expostas.¹¹

Diagnóstico

O diagnóstico das fraturas expostas nem sempre é óbvio. Portanto, ao observar-se lesão cutânea em um membro fraturado, devem-se seguir os princípios iniciais de tratamentodela.¹²

Clinicamente, o diagnóstico pode ser feito pela observação do segmento fraturado por meio da ferida, mas em casos com diagnóstico duvidoso, como em lesões puntiformes ou contusas, gotículas de gordura presentes no sangue que sai da ferida podem sugerir o diagnóstico. Radiograficamente, enfisema de subcutâneo nas radiografias simples ou imagem sugestiva da presença de gás junto ao foco de fratura podem contribuir para o diagnóstico.¹³

O exame físico acurado, incluindo a inspeção e a palpação de proeminências ósseas, é fundamental no manejo inicial dos pacientes. Deve-se avaliar a musculatura envolvida, verificar se existem alterações de pulso e perfusão pela coloração e temperatura das extremidades e fazer o exame neurológico para avaliar sensibilidade, motricidade e reflexos. Esses passos vão ajudar na classificação das lesões e auxiliar no diagnóstico precoce de possíveis complicações, como a síndrome compartimental.¹⁴

A medição da pressão do compartimento pode ser útil nos casos em que há dúvida quanto à ocorrência de síndrome compartimental.¹⁵ Ultrassonografia com Doppler colorido pode ser útil na avaliação diagnóstica da suspeita de lesão vascular e pode ser complementada pela arteriografia.¹⁶

Radiografias de todo o segmento fraturado, incluindo a articulação proximal e a distal à fratura, são fundamentais para sua caracterização, bem como para estimar o grau de energia envolvida no trauma inicial.^{17,18} Tomografia computadorizada pode ser solicitada em casos de fraturas com comprometimento das superfícies articulares, com o objetivo de um planejamento cirúrgico mais adequado,¹⁹ após as medidas de tratamento na urgência.

Classificação

Diversos sistemas foram propostos para classificar as fraturas expostas.

A classificação de Gustilo, mais usada até os dias de hoje, leva em consideração a energia do trauma, o grau de lesão de partes moles e o grau de contaminação, que têm implicação prognóstica e definem o tratamento^{20,21} (tabela 1).

Tabela 1 – Classificação de Gustilo para fraturas expostas

- I – Baixa energia, exposição menor do que 1 cm, baixo grau de contaminação e cominuição.
- II – Exposição entre 1 cm e 10 cm, contaminação, lesão de partes moles e cominuição moderadas.
- III – Exposição maior do que 10 cm, alto grau de lesão de partes moles e contaminação.
- IIIA – Permite cobertura primária
- IIIB – Cobertura primária não é possível
- IIIC – Lesão arterial que necessita de reparo

Tabela 2 – Classificação AO para lesão de partes moles em fraturas expostas**Lesão de pele**

- IO 1 – Lesão de pele puntiforme de dentro para fora
- IO 2 – Lesão de pele com bordas contusas de fora para dentro menor do que 5 cm
- IO 3 – Lesão de pele maior do que 5 cm e bordas desvitalizadas
- IO 4 – Lesão de espessura total com contusão grave, perda de pelo ou desenlramento extenso.

Lesão muscular

- MT 1 – Sem lesão muscular
- MT 2 – Lesão muscular circunscrita, apenas um compartimento
- MT 3 – Lesão muscular considerável, dois compartimentos
- MT 4 – Defeito muscular, laceração tendínea, contusão extensa
- MT 5 – Síndrome compartimental, síndrome do esmagamento, zona de lesão ampla

Lesão neurovascular

- NV 1 – Sem lesão neurovascular
- NV 2 – Lesão neurológica isolada
- NV 3 – Lesão vascular localizada
- NV 4 – Lesão vascular segmentar extensa
- NV 5 – Lesão neurovascular combinada, incluindo amputação subtotal ou total.

O grupo Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)²² também desenvolveu uma classificação (tabela 2) para as fraturas expostas e enfatizou, assim como na de Tscherne e Ouster²³ (tabela 3), a importância das lesões de partes moles mesmo na ausência de solução de continuidade com o meio.

Tabela 3 – Classificação de Tcherne para lesões de partes moles associadas a fraturas expostas

- Fr. 1 – Pele lacerada por osso de dentro para fora, mínima ou nenhuma contusão de pele, fraturas simples resultantes de trauma indireto.
- Fr. 2 – Laceração cutânea ou contusão circunferencial, contaminação moderada, inclui todas as expostas por trauma direto.
- Fr. 3 – Lesões extensas de partes moles, geralmente associadas à lesão vascular ou neurológica. Inclui fraturas relacionadas a isquemia, cominuição óssea grave, síndrome compartimental, lesões no meio rural e ferimentos por arma de fogo de alta velocidade.
- Fr. 4 – Amputações parciais ou totais (separação de estruturas anatômicas importantes, especialmente vasos, com isquemia total).

Tabela 4 – Sequência de atendimento inicial ao politraumatizado segundo o ATLS

- A – Manter pérvias as vias aéreas e proteger a coluna cervical.
- B – Manter ventilação adequada.
- C – Garantir circulação e perfusão.
- D – Avaliação de lesões neurológicas.
- E – Exposição ampla, avaliação de outras lesões e proteção da hipotermia.

Tabela 5 – Fases do atendimento sequencial ao politraumatizado

- 1ª fase – Ressuscitação (primeiras horas).
- 2ª fase – Estabilização (uma a 48 horas). Controle de danos para evitar hipotensão, acidose e coagulopatia.
- 3ª fase – Regeneração (após segundo dia).
- 4ª fase – Reconstrução e reabilitação (semanas).

Avanços no tratamento das fraturas expostas

O tratamento da fratura exposta é uma emergência ortopédica e deve estar incluído no atendimento sequencial do politraumatizado preconizado no ATLS.²⁴ Inicialmente os esforços devem ser dirigidos para garantir a sobrevivência do paciente e deve-se fazer o chamado ABCDE do trauma²⁵ (tabela 4).

Deve ser considerado politraumatizado todo indivíduo que tenha lesão em mais de um sistema orgânico, com pelo menos uma delas ameaçadora da vida ou com pontuação maior do que 16 no ISS (Injury Severity Score).^{26,27}

No paciente politraumatizado, por causa de uma importante resposta imunológica, o tratamento deve ser sequenciado em quatro partes²⁵ (tabela 5).

O tratamento de fraturas expostas se inicia no pronto socorro. Após a chegada do paciente à sala de emergência, e tão logo termine a fase de estabilização clínica, deve-se proceder ao exame ortopédico, documentar os achados em prontuário, se possível com fotos, e proteger a área de exposição com curativo estéril. Múltiplas reavaliações da ferida não são recomendadas e estão relacionadas a maior risco de infecção.²⁸ Deve ser feita a profilaxia antitetânica, a depender do status vacinal do paciente e do grau de contaminação da ferida²⁹ (tabela 6).

Tão logo se consiga acesso venoso deve-se iniciar profilaxia antibiótica.³⁰ Nas fraturas tipo I de Gustilo prescreve-se uma cefalosporina de primeira geração e nas fraturas tipo II

Tabela 6 – Recomendação de profilaxia contra o tétano em ferimentos de alto risco^a

Histórico de imunização	Vacina	Imunoglobulina antitetânica
Menos de 3 doses ou ignorado	Sim	Sim
Última dose há menos de 5 anos	Não	Não
Última dose entre 5 e 10 anos	Sim	Não
Última dose há mais de 10 anos	Sim	Não

^a Ferimentos de alto risco incluem fraturas expostas, ferimentos por arma de fogo ou arma branca, ferimentos com retenção de corpo estranho, ferimentos puntiformes ocasionados por objetos pontiagudos.

ou III, gentamicina e clindamicina por um período inicial de 14 dias. Esse tempo pode ser prolongado, a depender da evolução clínica do paciente.²⁹ A coleta de culturas no debridamento inicial tem sido questionada pela baixa correlação entre os microrganismos nela isolados e o real agente causador de uma eventual infecção.³¹

Após a estabilização clínica inicial, o paciente é levado para o centro cirúrgico para o tratamento local da fratura. Inicialmente cobre-se a ferida e procede-se à assepsia e antissepsia de todo o membro. Após isso, o ferimento é descoberto e se necessário ampliado, para melhor visualização dos tecidos profundos. Procede-se à irrigação com soro fisiológico simples, normalmente com volume ao redor de 10 litros, que pode ser aumentado conforme a necessidade, até que não sejam mais observados *debris* e sujidades. Esse processo visa a diminuir o número absoluto de bactérias contaminantes e retirar as sujidades não passíveis de retirada manual.³² Após a irrigação, fazem-se a troca da paramentação cirúrgica e nova antissepsia. Procede-se então ao debridamento de tecidos desvitalizados. Os músculos são avaliados quanto à cor, consistência, contratilidade e capacidade de sangramento.³³ Músculos que não apresentam esses critérios têm possibilidade aumentada de estar inviáveis. Tendões devem ser preservados sempre que possível, exceto nos casos em que há perda total de sua função ou contaminação grosseira.^{34,35}

Algumas fraturas, por causa do seu alto grau de contaminação inicial, exigem novo debridamento em até 48 horas do primeiro procedimento de limpeza cirúrgica, o chamado *second-look* da lesão.³⁶

Após a limpeza cirúrgica e o debridamento dos tecidos, procede-se à estabilização da fratura. O restauro do comprimento e do alinhamento do membro, bem como a reconstrução da superfície articular envolvida e a proteção das partes moles, é objetivo dessa etapa.³⁷ Deve-se permitir, com os diferentes métodos de fixação, fácil acesso à ferida cirúrgica e mobilização precoce. A imobilização com gesso não se presta a esses objetivos, sobretudo por dificultar o acesso à ferida, e, desse modo, não deve ser usada para esse fim.

A fixação definitiva imediata da fratura pode ser feita na urgência se houver condições locais e sistêmicas, ou seja, ausência de lesão de partes moles ou contaminação excessiva e ausência de instabilidade clínica,¹² abordagem conhecida como *early total care*. Classicamente, a fixação interna imediata era opção somente se feita nas primeiras seis horas de trauma.³⁸ Porém, revisões mais recentes da literatura mostram que o debridamento seguido de fixação definitiva na urgência pode ser feito após esse período sem haver aumento na incidência de infecção.³⁹

Nos casos em que a fixação definitiva não é possível, a fixação externa tem se demonstrado como o método de fixação que melhor se adapta à estabilização das fraturas expostas em ossos longos, incluído no contexto do chamado *damage control*. É uma forma rápida e pouco invasiva de proporcionar estabilidade e restauro do alinhamento e do comprimento do membro, contribui para a diminuição de resposta inflamatória relacionada ao trauma, evita danos subsequentes às partes moles e permite fácil acesso à ferida, tanto para curativos quanto para procedimentos cirúrgicos de cobertura cutânea ulteriores.^{4,12,40}

Uma consideração importante no emprego dos fixadores externos reside na sua conversão para um método de fixação interna (placa ou haste intramedular). A literatura tem mostrado a existência de uma janela de oportunidade entre sete e 14 dias após a instalação da fixação externa para sua conversão.³⁷ Após esse período, aumenta-se o risco de infecção com a osteossíntese interna, de modo que é preconizado fazer a descontaminação do trajeto dos pinos de fixação externa, pela troca deles, antes da fixação interna definitiva.

A cobertura cutânea é outro tópico controverso nas fraturas expostas. Existe como opção o fechamento primário imediato, ou retardado por 48 a 72 horas. A primeira opção pode ser feita em ferimentos pequenos e pouco contaminados, desde que não haja tensão em suas bordas, risco de contaminação por anaeróbios e que a administração de antibióticos tenha sido feita em até 12 horas da fratura.⁴¹ O fechamento por segunda intenção, pouco feito, recentemente tem apresentado melhores resultados, graças ao advento dos curativos a vácuo.⁴²

Fechamento com o uso de enxertos ou retalhos também pode ser usado. O desenvolvimento de técnicas de rotação de retalhos locais e a difusão das técnicas de retalho microcirúrgicos tiveram grande impacto no prognóstico das fraturas expostas, uma vez que permitiram cobertura cutânea estável e de boa qualidade e diminuíram, assim, os índices de infecção e aumentaram as taxas de consolidação das fraturas.⁴³

As fraturas expostas também suscitam discussões quanto à preservação ou não de membros gravemente lesados. Até hoje não há uma determinação universalmente aceita para nortear as decisões sobre amputar ou não um membro gravemente lesado.⁴⁴ É necessário para essa decisão avaliar o risco à vida do paciente e o grau de função projetada no fim dos múltiplos procedimentos necessários para o salvamento do membro. Lange et al.⁴⁵ propuseram em 1985 que a amputação seria indicada no caso de lesões por esmagamento com isquemia quentes superior a seis horas, lesão vascular irreparável, amputação completa de membros inferiores e lesão irreparável de nervo ciático ou nervo tibial em pacientes com fraturas do tipo IIIC de Gustilo. A partir de então, houve um esforço na tentativa de criação de escores que pudessem prever a necessidade de amputação do membro. Um dos escores mais conhecidos e usados é o Mess (Mangled Extremity Severity Scoring System)^{46,47} (tabela 7). Essa escala leva em conta o grau de lesão óssea e de partes moles, o tempo de isquemia, a idade do paciente e se há ou não instabilidade clínica. Sete ou mais pontos nessa escala têm uma previsibilidade de amputação de 100%.²⁵

Expectativas

O tratamento das fraturas expostas continua avançando. Entre as expectativas estão o desenvolvimento do uso de células mesenquimais que aumentem as taxas de sucesso de consolidação, a difusão do uso de enxertos provenientes de banco de tecidos, o desenvolvimento de substitutos ósseos⁴⁸ e de fatores de crescimento^{49,50} que diminuam os entraves e o tempo necessário para o tratamento de pacientes com fraturas expostas que os restitua a suas funções sociais e laborativas em um menor tempo. Paralelamente, o contínuo aprimoramento das próteses pode servir

Tabela 7 – Escore de gravidade de mutilação de extremidade

<i>Lesão musculoesquelética</i>	
Baixa energia	1
Média energia	2
Alta energia	3
Altíssima energia	4
<i>Isquemia de membro</i>	
Pulso reduzido ou ausente, perfusão normal	1
Ausência de pulso, perfusão reduzida	2
Membro frio, paralisado, insensível	3
<i>Choque</i>	
Pressão arterial sistólica sempre > 90 mmHg	0
Hipotensão transitória	1
Hipotensão persistente	2
<i>Idade</i>	
< 30 anos	0
Entre 30 e 50 anos	1
> 50 anos	2

de alento aos pacientes que sofreram traumas severos que resultaram em amputação e torná-los funcionais e produtivos novamente.⁵¹

Considerações finais

Conforme exposto acima, muitos avanços foram alcançados no tratamento das fraturas expostas. Os principais progressos são:

- 1 A sistematização do atendimento ao politraumatizado, com a criação de protocolos bem definidos de conduta da fase pré-hospitalar até a fase hospitalar. Isso permitiu aos pacientes chegarem mais rapidamente e mais bem estabilizados aos centros de referência de atendimento ao trauma.
- 2 Aparentamento e difusão de centros hospitalares capazes de atender a esses pacientes.
- 3 Conscientização dos médicos responsáveis pelo manejo inicial do politraumatizado de que as fraturas expostas são uma urgência médica.
- 4 Desenvolvimento de antibióticos.
- 5 Técnicas de fixação de fraturas, com o uso de fixação externa para controle de danos e fixação definitiva quando condições sistêmicas do paciente e local do membro fraturado permitam.
- 6 Desenvolvimento de técnicas cirúrgicas para a confecção de retalhos locais e microcirúrgicos e capacitação de médicos capazes de fazer esses procedimentos, o que garante cobertura cutânea estável para o paciente com fratura exposta.
- 7 Avanço nas técnicas de curativo, com especial atenção ao desenvolvimento dos curativos a vácuo, os quais permitiram melhor controle local das feridas.

Ainda assim, essas lesões continuam desafiadoras, com possibilidade de complicações temidas, como a infecção e a não consolidação, e a dificuldade inerente a lesões de alta energia com comprometimento importante ósseo e de partes moles.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

1. Castiglione A. A história da medicina. São Paulo: Companhia Editora Nacional; 1947.
2. Maia ABS. Bibliografia brasileira de ortopedia e traumatologia 1797-1977. Recife: Editora da Universidade de Pernambuco; 1967.
3. Napoli M, Blanc C. Ortopedia brasileira – Momentos, crônicas e fatos. São Paulo. Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia; 2000.
4. Cross WW 3rd, Swiontkowski MF. Treatment principles in the management of open fractures. *Indian J Orthop*. 2008;42(4):377-86.
5. Jorge-Mora A, Rodriguez-Martin J, Pretell-Mazzini J. Timing issue in open fractures debridement: a review article. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2013;23(2):125-9.
6. Keese GR, Boody AR, Wongworawat MD, Jobe CM. The accuracy of the saline load test in the diagnosis of traumatic knee arthrotomies. *J Orthop Trauma*. 2007;21(7):442-3.
7. Pape HC, Webb LX. History of open wound and fracture treatment. *J Orthop Trauma*. 2008;22(Suppl 10):S133-4.
8. Wangenstein OH, Wangenstein SD. The rise of surgery from empiric craft to scientific discipline Minneapolis: University of Minnesota Press; 1978.
9. Trueta J. "Closed" treatment of war fractures. *Lancet*. 1939;1(6043):1452-5.
10. Hauser CJ, Adams CA Jr, Eachempati SR. Surgical infection society guideline: prophylactic antibiotic use in open fractures: an evidence-based guideline. *Surg Infect (Larchmt)*. 2006;(74):379-405.
11. Frink M, Zeckey C, Mommsen P, Haasper C, Krettek C, Hildebrand F. Polytrauma management – A single centre experience. *Injury*. 2009;40(Suppl 4):S5-11.
12. Dunbar RP, Gardner MJ. Initial management of open fractures. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Tornetta P, editors. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 7th ed. Philadelphia: Lippincott: Williams & Wilkins; 2010. p. 285.
13. Aufranc OE, Jones WN, Bierbaum BE. Gas gangrene complicating fracture of the tibia. *JAMA*. 1969;209(13):2045-7.
14. Turen CH, Burgess AR, Vancos B. Skeletal stabilization for tibial fractures associated with acute compartment syndrome. *Clin Orthop Relat Res*. 1995;(315):163-8.
15. McQueen MM, Court-Brown CM. Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(1):99-104.
16. Halvorson JJ, Anz A, Langfitt M, Deonanan JK, Scott A, Teasdall RD, et al. Vascular injury associated with extremity trauma: initial diagnosis and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(8):495-504.
17. Garbuz DS, Masri BA, Esdaile J, Duncan CP. Classification systems in orthopaedics. *J Am Acad Orthop Surg*. 2002;10(4):290-7.
18. Martin JS, Marsh JL. Current classification of fractures. Rationale and utility. *Radiol Clin North Am*. 1997;35(3):491-506.
19. Wuerz TH, Gurd DP. Pediatric physeal ankle fracture. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(4):234-44.
20. Gustilo RN, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma*. 1984;24(8):742-746.

21. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58(4):453-8.
22. Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. *AO principles of fracture management.* 2nd ed. Stuttgart/New York: Georg ThiemeVerlag; 2007.
23. Tscherne H, Ouster HJ. A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures. *Unfallheilkunde.* 1982;85(3):111-5.
24. Giannoudis PV, Pape HC. Management of the multiply injured patient. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Tornetta P, editors. *Rockwood and Green's fractures in adults.* 7th ed. Philadelphia: Lippincott: Williams & Wilkins; 2010. p. 261-7.
25. The American College of Surgeons. *Advanced Trauma Life Support (ATLS) students manual.* 6th ed. Chicago: American College of Surgeons; 1997.
26. American College of Surgeons/Committee of Trauma. *National Trauma Data Bank annual report 2005, dataset version 5.0.* Chicago: American College of Surgeons Committee on Trauma; 2005.
27. Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma.* 1974;14(3):187-96.
28. Peterson N, Stevenson H, Sahni V. Size matters: how accurate is clinical estimation of traumatic wound size? *Injury.* 2014;45(1):232-6.
29. Subcomissão de controle de infecção hospitalar IOT. *Padronização do uso de antimicrobianos – 2012/2013.* São Paulo: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Universidade de São Paulo; 2012.
30. Prokiski L. Prophylactic antibiotics in orthopaedic surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(5):283-93.
31. Valenziano CP, Chatter-Cora D, O'Neill A, Hubli EH, Cudjoe EA. Efficacy of primary wound cultures in long bone open extremity fractures: are they of any value? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2002;122(5):259-61.
32. Anglen JO. Wound irrigation in musculoskeletal injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(4):219-26.
33. Artz CP, Sako Y, Scully RE. An evaluation of the surgeon's criteria for determining the viability of muscle during débridement. *AMA Arch Surg.* 1956;73(6):1031-5.
34. Olson SA, Schemitsch EH. Open fractures of the tibial shaft: an update. *Instr Course Lect.* 2003;52:623-31.
35. Tscherne H. The management of open fractures. In: Tscherne H, Gorzen L, editors. *Fractures with soft tissue injuries.* New York: Springer Verlag; 1984. p. 10-32.
36. Hierner R, Nast-Kolb D, Stoel AM, Lendemanns S, Täger G, Waydhas C, et al. Degloving injuries of the lower limb. *Unfallchirurg.* 2009;112(1):55-62.
37. Gardner MJ, Mehta S, Barei DP, Nork SE. Treatment protocol for open AO/OTA type C3 pilon fractures with segmental bone loss. Report of 38 cases treated with a standard protocol. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(9):1349-56.
38. Robson MC, Duke WF, Krizek TJ. Rapid bacterial screening in the treatment of civilian wounds. *J Surg Res.* 1973;14(5):426-30.
39. Schenker ML, Yannascoli S, Baldwin KD, Ahn J, Mehta S. Does timing to operative debridement affect infectious complications in open long-bone fractures? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(12):1057-64.
40. Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape HC. Damage control: extremities. *Injury.* 2004;35(7):678-89.
41. Dunbar RP, Gardner MJ. Initial management of open fractures. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Tornetta P. *Rockwood and Green's fractures in adults.* 7th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 295.
42. Herscovici D Jr, Sanders RW, Scaduto JM, Infante A, DiPasquale T. Vacuum-assisted wound closure (VAC Therapy) for the management of patients with high-energy soft tissue injuries. *J Orthop Trauma.* 2003;17(10):683-8.
43. Gopal S, Majumder S, Batchelor AG, Knight SL, De Boer P, Smith RM. Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(7):959-66.
44. Moghadamian ES, Bosse MJ, MacKenzie EJ. Principles of mangled extremity management. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Tornetta P, editors. *Rockwood and Green's fractures in adults.* 7th ed. Philadelphia: Lippincott: Williams & Wilkins; 2010. p. 333.
45. Lange RH, Bach AW, Hansen T S, Johansen KH. Open tibial fractures with associated vascular injuries: Prognosis for limb salvage. *J Trauma.* 1985;25(3):203-8.
46. Helfet DL, Howey T, Sanders R, Johansen K. Limb salvage versus amputation. Preliminary results of the Mangled Extremity Severity Score. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(256):80-6.
47. Kumar MK, Badole C, Patond K. Salvage versus amputation: utility of mangled extremity severity score in severely injured lower limbs. *Indian J Orthop.* 2007;41(3):183-7.
48. Kurien T, Pearson RG, Scammell BE. Bone graft substitutes currently available in orthopaedic practice: the evidence for their use. *Bone Joint J.* 2013;95-B(5):583-97.
49. Ronga M, Fagetti A, Canton G, Paiusco E, Surace MF, Cherubino P. Clinical applications of growth factors in bone injuries: experience with BMPs. *Injury.* 2013;44(Suppl 1):S34-9.
50. Blokhuis TJ, Lindner T. Allograft and bone morphogenetic proteins: an overview. *Injury.* 2008;39(Suppl 2):S33-6.
51. Harvey ZT, Potter BK, Vandersea J, Wolf E. Prosthetic advances. *J Surg Orthop Adv.* 2012;21(1):58-64.